

B. Däne / V. Duridanova / W. Fengler

# Konzept und Entwurfsmethodik für ein eingebettetes System zur hochleistungsfähigen Informationsverarbeitung in Nanopositionier- und Messmaschinen

## 1. Einleitung

Der informationsverarbeitende Teil von Nanopositionier- und Messmaschinen [1] soll in Form eines hochleistungsfähigen eingebetteten Systems als Mehrprozessorverbund aus Digitalen Signalprozessoren realisiert werden und erfordert eine Entwurfsmethodik, welche auf der Modellierung des gesamten Systems aufbaut.

## 2. Methodischer Lösungsansatz

Bei der Modellierung tritt regelmäßig das Problem auf, dass sehr unterschiedliche Modellierungsdomänen miteinander verknüpft werden müssen. Bei der Mehrzahl der existierenden Verfahren ist entweder keine wirklich domänenübergreifende Modellierung möglich, oder es ist kein durchgehender Entwurfsweg bis hin zur Implementierung verfügbar.

Deshalb soll ein Toolverbund entwickelt werden, der den kompletten Entwurfsweg, von der Spezifikation über Modellierung und formale Analyse bis hin zur Implementierung des Hard- und Softwaresystems, unterstützt. Die Modellierungs- und Analyseebene ermöglicht dann die vollständige Einbeziehung des Verhaltens der mechanischen, optischen und leistungselektronischen Komponenten, da nur auf diese Weise eine zuverlässige Beurteilung der Leistungs- und Qualitätskenngrößen des Gesamtsystems möglich ist.

Als Modellierungsmittel kommen hochentwickelte grafische Darstellungsformen zum Einsatz, wie objektorientierte hybride und zeitbehaftete Petri-Netze [2], gefärbte Zustands- und Sequenzdiagramme [3][4] und hierarchische Multi-Domain-Umgebungen.

Der Prototyp für das einsatzbereite eingebettete System ist als Mehrprozessorsystem mit Digitalen Signalprozessoren der Familie TMS320C6000 [5] ausgelegt, woraus unter anderem die Weiterentwicklung des problemangepassten Echtzeitbetriebssystems eRTOS folgt [6][7].

## 3. Aktuelle Ergebnisse zur Modellierungsmethodik

In einer aktuellen Arbeit [8] wurde beispielhaft ein heterogenes simulierbares Modell für ein Atomkraftmikroskop geschaffen. Das Modell umfasst die Dynamik des mechanischen Systems mit den elektromagnetischen Antrieben, die Wechselwirkung von Antastsystem und Prüfling, die Funktion der inkrementellen laseroptischen Wegsensoren (einschließlich simulierbarer Störeinflüsse), die Messwertaufbereitung und -auswertung (mit Interpolation und Fehlerkompensa-

tion), die Algorithmen zur dreidimensionalen Lageregelung und die Ablaufsteuerung des Bewegungsvorganges.

Zur Modellierung wurde die hierarchische Multi-Domain-Entwurfsumgebung „MLDesigner“ eingesetzt [9][10]. Es wurden Modellkomponenten aus quasikontinuierlichen und aus ereignisdiskreten Modellierungsdomänen kombiniert.

Das Modell vereint in Software zu realisierende Funktionen mit solchen, welche dem mechanischen und optischen System sowie der elektronischen Hardware zuzuordnen sind. Im Ergebnis von Simulationsläufen wurden Daten gewonnen, welche unter anderem das Verhalten der Regelkreise und die Ergebnisse kompletter Messabläufe darstellen.

In einer weiteren Arbeit [11] entstand ein Konzept für die Implementierung von softwaretechnisch zu realisierenden Funktionen, welche als Teil eines Modells in MLDesigner vorliegen, in ausführbare Software für das eingebettete System.

#### 4. Ziele und Ausblick

Die nächsten Arbeitsschritte betreffen unter anderem die Entwicklung der Mehrprozessorfähigkeit für das Betriebssystem eRTOS [12] sowie die Zusammenführung der verschiedenen modellierungstechnischen Ansätze in einem gemeinsamen methodischen Rahmen.

#### Literatur- und Quellenhinweise:

- [1] Gerd Jäger, Eberhard Manske, Tino Hausotte: Nano Positioning and Measuring Machine. In: euspen 2001, European Society for Precision Engineering and Nanotechnology, Second International Conference, Turin 2001
- [2] Vesselka Duridanova, Thorsten Hummel: Modelling of Embedded Mechatronic Systems Using Hybrid Petri Nets. In: IASTED International Conference Modelling, Identification, and Control, Feb. 19-22, 2001, Innsbruck, Austria. IASTED/ACTA Press 2001, vol. 1, pp. 521-526
- [3] Olga Fengler, Wolfgang Fengler, Vesselka Duridanova: Modeling of Complex Automation Systems Using Colored State Charts. In: ICRA 2002: Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE 2002, vol. 2, pp. 1901-1906
- [4] Olga Fengler, Thorsten Hummel, Wolfgang Fengler: Modellierung kooperierender Prozesse mit gefärbten Sequenzdiagrammen. In: 5. GI/ITG/GMM-Workshop: Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen. Tübingen, 25.-27.02.2002. Shaker Aachen 2002, S. 199-208.
- [5] Naim Dahnoun: Digital Signal Processing Implementation Using the TMS320C6000 DSP Platform. Prentice Hall 2000
- [6] Christian Uhle, Bernd Däne, Todor Vangelov, Wolfgang Fengler: Neue DSP -Hardware- und Softwarelösungen für den Einsatz in Mehrkoordinaten-Nanomeß- und Positioniersystemen. 45. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, TU Ilmenau 2000
- [7] Sebastian Schmidt: Konzeption und Realisierung eines dynamisch konfigurierbaren Echtzeitbetriebssystems für den Einsatz in einem Messwerfassungssystem. Diplomarbeit Nr. 2001-11-01/0011/IN95/2231, TU Ilmenau 2001
- [8] Kirke Rimbach: Modellierung eines Messsystems mit dem Modellierungswerkzeug ML-Designer. Studienarbeit, TU Ilmenau (IA/RA) 2002
- [9] Homepage der MLDesign Technologies, Inc., Palo Alto: <http://mldesigner.com/>
- [10] Horst Salzwedel: MLDesigner. Der nächste Schritt in Electronic Design. In: Workshop Werkzeuge und Ansätze für Spezifikation und Synthese komplexer Systeme. Ilmenau, 30. November 2001
- [11] Stefan Schramm: Konzeption und Realisierung einer Implementierungskomponente aus dem Modellierungstool ML-Designer in ein DSP-System mit dem Betriebssystem eRTOS2. Diplomarbeit Nr. 2002-09-02/037/IN95/2231, TU Ilmenau 2002
- [12] Marc Leverenz: Konzeption und Realisierung von Betriebssystemsoftware für ein Dual-DSP-Board. Diplomarbeit Nr. 2002-06-03/024/IN95/2231, TU Ilmenau 2002

#### Autorenangaben:

Dr. Ing. Bernd Däne  
Dr. Ing. Vesselka Duridanova  
Prof. Dr. Ing. habil. Wolfgang Fengler  
Technische Universität Ilmenau, PSF 100565  
98684 Ilmenau, Germany  
Tel.: +49-3677-69-2825  
Fax: +49-3677-69-1614  
E-mail: [bernd.daene@tu-ilmenau.de](mailto:bernd.daene@tu-ilmenau.de)  
Web: <http://tin.tu-ilmenau.de/ra/>

Teile der hier dargestellten Arbeit wurden gefördert durch das Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst unter FKZ B509-00002. Die Weiterführung wird im DFG-Sonderforschungsbereich Nr. 1923 erfolgen.